

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



10/031378

REC'D 12 OCT 2000

WIPO PCT

EP 00/06557

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

E J W

**Aktenzeichen:** 199 33 162.6

**Anmeldetag:** 20. Juli 1999

**Anmelder/Inhaber:** Institut für Mikroelektronik Stuttgart  
Stiftung des öffentlichen Rechts,  
Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Bildzelle, Bildsensor und Herstellungsverfahren hierfür

**IPC:** H 01 L 27/146

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 03. August 2000  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Welhmayr

Anmelder:

20. Juli 1999  
2613P103 SG/GS

Institut für  
Mikroelektronik Stuttgart  
Stiftung des öffentlichen Rechts  
Allmandring 30a

D-70569 Stuttgart

Vertreter:

Witte, Weller und Partner  
Patentanwälte  
Rotebühlstraße 121  
D-70178 Stuttgart

Bildzelle, Bildsensor und Herstellungsverfahren hierfür

Die Erfindung betrifft eine in Halbleitertechnik aufgebaute Bildzelle zur Umwandlung von auf eine Oberfläche der Bildzelle auftreffender elektromagnetischer Strahlung in ein elektrisches Signal mit einem strahlungssensitiven Element, das einen oberflächennahen ersten Bereich und einen oberflächenfernen zweiten Bereich aufweist, wobei der zweite Bereich dotiert ist und an

den ersten Bereich angrenzt, und mit einem Halbleiterbauelement, das wenigstens einen oberflächennahen dotierten dritten Bereich und einen oberflächenfernen dotierten vierten Bereich aufweist. Die Erfindung betrifft ferner einen solche Bildzellen umfassenden Bildsensor und ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Sensors.

Eine derartige Bildzelle ist aus der EP 0 917 206 A1 bekannt.

Bildzellen umfassende Bildsensoren werden insbesondere in der Kamera- und Scannertechnik eingesetzt und haben die Aufgabe, elektromagnetische Strahlung in elektrische Signale umzusetzen. Sie bestehen im wesentlichen aus einer Vielzahl von rasterartig angeordneten Bildzellen, die punktwise das aufzunehmende Bild erfassen. Die von den Bildzellen erzeugten elektrischen Ausgangssignale werden meist verstärkt und analog oder digital ausgewertet.

Je kleiner die Bildzellen und je dichter diese angeordnet sind, desto größer ist die Auflösung des Bildsensors. Bildsensoren werden deswegen meist als hochintegrierte elektronische Schaltungen in MOS-Technik aufgebaut, da sich auf diese Weise besonders hohe Bauteildichten erzielen lassen. Jede Bildzelle eines solchen Bildsensors umfaßt ein strahlungssensitives Element, z.B. eine Photodiode, dem gegebenenfalls ein oder mehrere weitere Bauelemente wie Transistoren zugeordnet sind. Aufgrund ihrer hohen Empfindlichkeit haben insbesondere ladungsgekoppelte Halbleiterbauelemente (CCD, "charged coupled device") Verbreitung gefunden. Daneben sind Bildsensoren in CMOS-Technik entwickelt worden, bei denen neben den strahlungssensitiven Ele-

menten sowohl n- als auch p-Kanal Transistoren auf einem Chip vereint sind.

Aufgrund der Weiterentwicklung der CMOS-Herstellungsverfahren werden immer höhere Integrationsdichten der CMOS-Schaltungen möglich. Es hat sich allerdings gezeigt, daß mit der Erhöhung der Integrationsdichte die Empfindlichkeit der in CMOS-Technik aufgebauten Bildzellen tendenziell abnimmt. Dies wird darauf zurückgeführt, daß bei hochintegrierten Bildzellen aufgrund der sehr flachen Dotierungsbereiche tief eindringende langwellige Strahlungsanteile keinen Beitrag zur Stromdichte im strahlungssensitiven Element leisten können. Überdies entstehen aufgrund der zunehmend dünner ausgelegten Dotierungsbereiche zunehmend Probleme mit zu großen Kapazitäten, was gleichfalls die Empfindlichkeit reduziert und darüber hinaus das Zeit- und Übersprechverhalten verschlechtert.

Bei der Bildzelle, die aus der eingangs genannten EP 0 917 206 A1 bekannt ist, weist eine als strahlungssensitives Element verwendete Photodiode einen tiefen oberflächennahen dotierten Bereich auf, der in eine Transistorwanne eines MOS-Transistors eingebettet ist. Dieser Bereich ist leichter dotiert als die oberflächennahen dotierten Bereiche des MOS-Transistors. Die Grenzfläche zwischen dem dotierten Bereich der Photodiode und der Transistorwanne bildet den pn-Übergang der Photodiode. Aufgrund der vergleichsweise großen Tiefe des oberflächennahen Bereichs können auch langwellige Strahlungsanteile zum Photostrom beitragen, wodurch sich die Empfindlichkeit der Bildzelle erhöht.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Bildzelle anzugeben, die auch bei sehr großer Integrationsdichte eine hohe Empfindlichkeit aufweist und vorzugsweise in CMOS-Technik herstellbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einer Bildzelle der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die Ausdehnung des zweiten Bereichs in der zur Oberfläche senkrechten Richtung größer ist als die entsprechende Ausdehnung des vierten Bereichs.

Die Aufgabe wird auf diese Weise vollkommen gelöst.

Bei dieser Lösung ist der zum strahlungssensitiven Element gehörende zweite Bereich also tiefer als der vierte Bereich, der zu einem benachbarten Halbleiterbauelement gehört. Diese Entkopplung der Tiefen der oberflächenfernen Bereiche erlaubt es, die Geometrien des strahlungssensitiven und des Halbleiterbauelements optimal an deren Funktion anzupassen. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß ein tiefer zweiter Bereich des strahlungssensitiven Elements sich besonders günstig auf die Empfindlichkeit der Bildzelle auswirkt, da sich so Raumladungszonen von mehrere Mikrometern Dicke erzeugen lassen. Außerdem verringern sich infolge des größeren Abstandes, durch den die Raumladungen im strahlungssensitiven Element getrennt sind, die parasitären Kapazitäten. Dies trägt zusätzlich zur Erhöhung der Empfindlichkeit bei; darüber hinaus verbessern sich das Zeit- und Übersprechverhalten der Bildzelle.

Es wird mit anderen Worten ermöglicht, einerseits das strahlungssensitive Element mit einem für die spektrale Empfindlich-

keit optimalen Dotierungsbereich auszubilden, während andererseits die übrigen Elemente der Schaltung flacher ausgeführt sein können, etwa in 0,3  $\mu\text{m}$ -CMOS-Technik oder noch kleiner.

Vorzugsweise ist der erste Bereich komplementär zu dem zweiten Bereich dotiert, so daß der erste und der zweite Bereich den pn-Übergang einer Photodiode bilden.

Darüber hinaus ist es auch möglich, den ersten Bereich als strahlungsdurchlässige Metallschicht auszuführen, so daß der erste und der zweite Bereich eine Schottky-Diode bilden. Möglich ist außerdem, den ersten Bereich als feldinduzierte Verarmungs- und Inversionszone auszuführen, so daß ein MIS-Photoelement oder ein Photo-MOSFET entsteht.

Bei dem benachbarten Halbleiterbauelement kann es sich beispielsweise um eine normale Diode oder um eine Photodiode handeln, die besonders für kurzwellige Strahlungsanteile empfindlich sein soll. Für die Erfindung ist es jedoch nicht wesentlich, um welchen Typ von Halbleiterbauelement es sich im einzelnen handelt.

Bei einer bevorzugten Ausführung der Erfindung ist das elektronische Bauelement ein Transistor und der vierte Bereich eine Transistorwanne. Der Transistor ist dem strahlungssensitiven Element vorteilhaft als Verstärker oder als Bestandteil einer Verstärkerschaltung zugeordnet.

Bei einer Weiterbildung dieser Ausführung ist das strahlungssensitive Element als Photodiode ausgeführt und die Transistorwanne komplementär zu dem ersten Bereich und höher als der

zweite Bereich dotiert. Ein solcher Transistor läßt sich durch Überdotieren auch innerhalb des zweiten Bereichs vergleichsweise einfach herstellen und vorteilhaft mit der Photodiode verschalten.

In zusätzlicher Weiterbildung ist oberflächennah zwischen dem Transistor und der Photodiode ein an die Transistorwanne angrenzender Kontakt angeordnet ist. Bei entsprechender Beschaltung, vorzugsweise mit dem positiven Versorgungspotential der Bildzelle, trägt dieser Kontakt zur elektrischen Isolierung der Photodiode von dem Transistor bei und ermöglicht eine genaue Festlegung der Schwellenspannung des Transistors. Außerdem wirkt der zusätzliche Kontakt der Ausbildung des sogenannten "latch-up-Effekts" entgegen. Dieser Effekt bezeichnet bei CMOS-Schaltungen das Durchschalten einer aufbaubedingten Thyristorstruktur und kann zur Zerstörung der Bildzelle führen.

Bei einer weiteren Ausführung der Erfindung ist der zweite Bereich oberflächennah mit wenigstens einem elektrischen Kontakt versehen. Ein solcher an sich bekannter Oberflächenkontakt ist besonders einfach realisierbar. In alternativer Ausführung hierzu ist vorgesehen, den zweiten Bereich an seinem oberflächenabgewandten Ende mit wenigstens einem elektrischen Kontakt zu versehen. Bei dieser alternativen Ausführung ist der Ladungsträgerfluß in der Sperrschicht des zweiten Bereichs besonders günstig, was sich vorteilhaft auf die Empfindlichkeit der Bildzelle auswirkt. In vorteilhafter Weiterbildung dieser alternativen Ausführung ist der elektrische Kontakt als Kanal ausgeführt, der durch eine Isolationsschicht geführt ist, die das oberflächenabgewandte Ende des zweiten Bereichs von einem darunterliegenden Substrat elektrisch isoliert. Die Isolations-

schicht verringert u. a. Übersprecherscheinungen, falls mehrere Bildzellen aneinander angrenzend angeordnet sind, und trägt somit letztlich zu einer höheren Empfindlichkeit des Bildsensors bei.

Gemäß einer anderen Ausführung der Erfindung liegt in der zur Oberfläche senkrechten Richtung die Ausdehnung des ersten Bereichs zwischen etwa  $0,1\ \mu\text{m}$  und  $0,2\ \mu\text{m}$  und die Ausdehnung des zweiten Bereichs zwischen etwa  $2\ \mu\text{m}$  und  $3\ \mu\text{m}$ . Eine derart bemessene Tiefe ist besonders geeignet für die Detektion von elektromagnetischer Strahlung im sichtbaren Spektralbereich.

In einer dazu alternativen Ausführung liegt in der zur Oberfläche senkrechten Richtung die Ausdehnung des ersten Bereichs zwischen etwa  $0,8\ \mu\text{m}$  und  $0,9\ \mu\text{m}$  und die Ausdehnung des zweiten Bereichs zwischen etwa  $8\ \mu\text{m}$  und  $9\ \mu\text{m}$ . Eine solche Bildzelle ist insbesondere für Infrarotanwendungen geeignet.

Vorzugsweise liegt bei einer Photodiode als photosensitiven Element die Dotierung des ersten Bereichs in der Größenordnung von etwa  $10^{18}\ \text{cm}^{-3}$ . Diese hohe Dotierung ermöglicht eine hohe Empfindlichkeit der Photodiode und damit der Bildzelle.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführung wird die Dotierung wenigstens in dem zweiten oder in dem vierten Bereich mit zunehmendem Abstand von der Oberfläche größer. Diese an sich als "retrograde Wells" bekannten dotierten Bereiche reduzieren zum einen den oben bereits angesprochenen latch-up-Effekt. Zum anderen hat sich gezeigt, daß sich dadurch eine besonders günstige Potentialverteilung in der Raumladungszone erzielen läßt.



In Weiterbildung dieser Ausführung liegt die Dotierung des zweiten Bereichs oberflächennah in der Größenordnung von etwa  $10^{15} \text{ cm}^{-3}$  und oberflächenfern in der Größenordnung von etwa  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$ . Es hat sich gezeigt, daß Bildzellen mit diesen Dotierungen besonders günstige Eigenschaften haben.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführung ist über der Oberfläche der Bildzelle eine Mikrolinse angeordnet. Die Mikrolinse bündelt auf die Oberfläche der Bildzelle auftreffende Strahlung auf die Oberfläche der Photodiode, so daß praktisch die gesamte Strahlung zur Detektion ausgenutzt wird. Die Empfindlichkeit der Bildzelle läßt sich mit einer solchen Mikrolinse deutlich steigern.

Bei einer anderen Ausführung der Erfindung grenzt an die oberflächenferne Seite des zweiten Bereichs eine "buried layer" an. Hierbei handelt es sich um eine hochdotierte Schicht, die gut leitfähig ist und als Äquipotentialfläche dient.

Bei Bildzellen in Farbbildsensoren ist vorzugsweise über der Oberfläche der Bildzelle ein Farbfilter angeordnet, das aus der auftreffenden Strahlung einen schmalbandigen Strahlungsanteil herausfiltert.

Vorzugsweise ist außerdem über der Oberfläche der Bildzelle eine Antireflexionsschicht angeordnet. Dadurch wird weitgehend verhindert, daß auftreffende Strahlung ungenutzt an der Oberfläche der Bildzelle reflektiert wird und somit nicht in der Photodiode zur Erzeugung freier Ladungsträger beiträgt.

Ein Bildsensor nach der Erfindung umfaßt mehrere Bildzellen nach einer der soeben beschriebenen Ausführungen. Vorzugsweise sind bei wenigstens zwei Bildzellen des Bildsensors die zweiten Bereiche übergangslos zu einem einzigen Bereich zusammengefaßt. Dies erlaubt einen sehr einfachen Aufbau, da einige oder alle photosensitiven Elemente des Bildsensors gemeinsam den oberflächenfernen Bereich nutzen. Letzterer erstreckt sich vorzugsweise wannenartig über den gesamten wirksamen Bildsensorbereich. Die räumliche Anordnung der Bildzellen wird durch die Lage der ersten Bereiche an der Oberfläche des Bildsensors festgelegt. Vorteilhaft ist ferner, daß nicht für jede Bildzelle ein eigener Kontakt für den oberflächenfernen Bereich benötigt wird. Es genügen vielmehr vergleichsweise wenige über den Bildsensor verteilte Kontakte.

Gegenstand der Erfindung ist außerdem ein Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Bildzelle. Das Verfahren umfaßt die folgenden Schritte:

- a) Bereitstellen eines Halbleitersubstrats,
- b) Erzeugen eines oberflächenfernen dotierten zweiten Bereichs im Halbleitersubstrat,
- c) Erzeugen eines oberflächenfernen dotierten vierten Bereichs, dessen Ausdehnung in der zur Oberfläche senkrechten Richtung kleiner ist als die entsprechende Ausdehnung des zweiten Bereichs,
- d) Erzeugen eines oberflächennahen ersten Bereichs, der an den zweiten Dotierungsbereich angrenzt,
- e) Erzeugen eines oberflächennahen dotierten dritten Bereichs, der an den vierten Dotierungsbereich angrenzt.

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale der Erfindung nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1 eine vereinfachte geschnittene Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Bildzelle;

Fig. 2 eine vereinfachte geschnittene Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Bildsensors.

In Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße Bildzelle insgesamt mit der Ziffer 10 bezeichnet. Die Bildzelle besteht im wesentlichen aus einem Substrat 12, bei dem es sich hier um einen schwach p-dotierten Silizium-Einkristall handelt. Das Substrat 12 ist in mehrere aneinander angrenzende Bereiche unterschiedlicher Dotierung unterteilt. Ein mit etwa  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$  p-dotierter erster Bereich 14 befindet sich an der Oberfläche des Substrats 12 und grenzt an einen darunterliegenden zweiten Bereich 16 an. Dieser zweite Bereich hat die Form einer Wanne, deren Tiefe  $d_1$  etwa  $2,5 \mu\text{m}$  beträgt, und ist n-dotiert. Die Höhe der Dotierung beträgt an der Grenze zum ersten Bereich 14 etwa  $10^{15} \text{ cm}^{-3}$ , nimmt nach unten kontinuierlich zu und erreicht am unteren Ende der Wanne einen Wert von etwa von  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$ . Dieses Dotierungsprofil

ist in Fig. 1 durch die dichter werdende Schraffur angedeutet. Die horizontal verlaufende Grenzfläche zwischen dem ersten und dem zweiten Bereich 14 bzw. 16 bildet den pn-Übergang der Photodiode 18 der Bildzelle. Unterhalb des Bereichs 16 ist eine buried layer 17 angeordnet, wie sie etwa von Bipolar-Transistoren her bekannt ist. Aufgrund ihrer homogenen und hohen Dotierung von etwa  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$  weist diese Schicht 17 eine hohe Leitfähigkeit auf und stellt somit annähernd eine Äquipotentialfläche dar.

An der Oberfläche des Substrats 12 befinden sich außerdem zwei dritte Bereiche 22 und 24. Diese dritten Bereiche sind mit etwa  $10^{20} \text{ cm}^{-3}$  p-dotiert und bilden zusammen mit einer Gate-Elektrode 26 und einer darunter liegenden Transistorwanne 28 einen p-Kanal-Transistor 30. Die Transistorwanne 28 ist oberflächennah mit etwa  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  n-dotiert. Nach unten hin nimmt die Dotierung kontinuierlich zu und erreicht am unteren Ende der Wanne einen Wert von annähernd  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$ . Die Transistorwanne 28 ist weitgehend in den zweiten Bereich 16 eingebettet, unterscheidet sich von jener jedoch durch die Stärke der n-Dotierung, so daß beide Bereiche durch ihre Dotierung voneinander abgegrenzt sind. Grundsätzlich können der zweite Bereich 14 und die Transistorwanne 28 aber auch getrennt voneinander oder so nebeneinander angeordnet sein, daß sie nur entlang einer vertikal verlaufenden Fläche aneinander angrenzen. Die Tiefe  $d_2$  der Transistorwanne 28 beträgt etwa  $1,2 \mu\text{m}$  und ist somit deutlich geringer als die Tiefe  $d_1$  des zweiten Bereichs 16.

Neben dem p-Kanal-Transistor 30 befindet sich ein n-Kanal-Transistor 32, der zwei mit  $10^{20} \text{ cm}^{-3}$  n-dotierte Bereiche 34 und

36, eine Gate-Elektrode 38 und eine mit  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  p-dotierte Transistorwanne 40 umfaßt. Der p-Kanal-Transistor 30 ist vom n-Kanal-Transistor 32 durch einen Isolationsbereich 42 elektrisch isoliert. Der Isolationsbereich 42 besteht aus einem Polysiliziumkörper 44, der von einer  $\text{SiO}_2$ -Schicht 46 umschlossen ist. Isolationsbereiche 42 befinden sich außerdem links vom n-Kanal-Transistor 32 und rechts von der Photodiode 18.

Die Oberfläche des Substrats ist überwiegend mit einer primären Isolationsschicht 48 bedeckt, die im Bereich von oberflächennahen Bereichen und der Elektroden unterbrochen ist. Über der primären Isolationsschicht 48 kann eine zusätzliche Passivierungsschicht aufgebracht sein. Möglich ist außerdem, daß sich weitere aktive Halbleiterbauelemente über den Transistoren und der Photodiode in der Art einer sog. Multilayer-Struktur befinden. Es ist lediglich sicherzustellen, daß elektromagnetische Strahlung 50 auf die Photodiode 18 fallen kann. Die über dem ersten Bereich 14 liegenden Schichten müssen also zumindest für die zu detektierenden Wellenlängenbereiche weitgehend durchlässig sein. Nur schematisch angedeutet sind in Fig. 1 eine Mikrolinse 52 und ein Farbfilter 54, die über der Oberfläche der Photodiode 18 angeordnet sein können. Nicht dargestellt ist eine ebenfalls optionale Antireflexionsschicht, die aus einer Schichtenfolge mit wechselndem Brechungsindex besteht und unmittelbar auf dem ersten Bereich 14 aufgebracht ist oder die darüber liegenden Schichten bedeckt.

Am ersten Bereich 14 der Photodiode 18 liegt über einen Kontakt 56 das Diodenpotential  $U_d$  an. Der zweite Bereich 16 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel oberflächennah über einen stark

n-dotierten Bereich 58 kontaktiert, an dem das positive Versorgungspotential  $U_{DD}$  anliegt. Die Beschaltung der beiden Transistoren 30 und 32 ist in Fig. 1 durch die anliegenden Potentiale gekennzeichnet, wobei  $U_{SS}$  das Nullpotential,  $U_G$  das Gatepotential und  $U_S$  das Source-Potential bezeichnet. Das Substrat 12 ist über einen unterseitigen Kontakt geerdet. Zwischen dem p-Kanal-Transistor 30 und der Photodiode 18 ist die Transistorwanne 28 oberflächennah noch über einen n-dotierten Bereich 60 mit einem weiteren Kontakt versehen, an dem die positive Betriebsspannung  $U_{DD}$  anliegt.

Im folgenden wird die Funktion der erfindungsgemäßen Bildzelle 10 erläutert. Einfallende elektromagnetische Strahlung 50 wird von der Linse 52 gebündelt. Der Farbfilter 54 filtert aus der Strahlung 50 die nicht gewünschten Wellenlängenteile heraus. Die verbleibenden Anteile der Strahlung treffen auf den ersten Bereich 14 der Photodiode 18. Die Photodiode 18 ist über die Kontakte 56 und 58 so beschaltet, daß der pn-Übergang zwischen dem ersten und zweiten Bereich 14 bzw. 16 in Sperrichtung gepolt ist. Als Folge dieser Polung bildet sich eine in vertikaler Richtung breite Raumladungszone aus, in der die Dichte an freien Ladungsträgern gering ist. Durch Absorption der einfallenden elektromagnetischen Strahlung werden in der Raumladungszone aus Elektronen und Löchern bestehende Ladungsträgerpaare erzeugt, die durch das elektrische Sperrfeld abgezogen werden und somit zum Photostrom durch die Photodiode beitragen. Aufgrund der großen Tiefe  $d_1$  des zweiten Bereich 16 ist die Raumladungszone bei der erfindungsgemäßen Bildzelle besonders groß. Somit können auch langwellige Strahlungsanteile, die eine größere Eindringtiefe als kurzwellige haben, noch Ladungsträgerpaare im unteren Bereich des zweiten Bereichs 16 erzeugen und

somit zum Photostrom beitragen. Dadurch wird die Empfindlichkeit der Bildzelle gesteigert.

Die beiden Transistoren 30 und 32 dienen der Verstärkung oder Umwandlung des Photostroms; deren Verschaltung mit der Photodiode ist allerdings nicht wesentlich für die Erfindung, da derartige Verschaltungen an sich im Stand der Technik bekannt sind, ohne daß es dafür eines besonderen Nachweises bedarf.

Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt aus einem erfindungsgemäßen Bildsensor 170 in einem seitlichen Schnitt. Zu erkennen sind an der Oberseite des Bildsensors eine Abfolge von drei Bildzellen, die jeweils einen p-Kanal-Transistor 130a, 130b bzw. 130c sowie eine Photodiode 118a, 118b bzw. 118c umfassen. Jede Bildzelle ist wie oben im einzelnen beschrieben aufgebaut; die Beschaltung ist der Übersicht halber in Fig. 2 nicht dargestellt. Die Bildzellen sind jeweils voneinander durch Puffer 142a, 142b, 142c und 142d voneinander getrennt. Die zweiten Bereiche sind zu einem einzigen großen Bereich 116 zusammengefaßt, der sich über die gesamte horizontale Ausdehnung des Bildsensors 170 erstreckt. Im Gegensatz zu dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist unterhalb des Bereichs 116 keine buried layer vorgesehen.

Das Bildfeld des Bildsensors 170 beginnt mit der Bildzelle, die den Transistor 130a und die Photodiode 118a umfaßt, und setzt sich nach rechtshin weiter fort. Entsprechende Reihen von Bildzellen schließen sich in der Richtung senkrecht zur Papierebene an, so daß eine matrixartige Anordnung entsteht. Außerhalb des Bildfeldes befindet sich eine Auswerteschaltung an, die im dar-

gestellten Ausführungsbeispiel mit einem n-Kanal-Transistor 132 beginnt.

Der Halbleiterkristall mit den dotierten Bereichen ist auf eine Isolierungsschicht 162 aufgebracht, die den Kristall von einem darunterliegenden Träger 112 trennt. Der zweite Bereich 116 ist hier von unten her kontaktiert. Hierzu ist in der Isolierungsschicht 162 ein Kanal 164 vorgesehen, der hoch n-dotiert und somit elektrisch leitend ist. Über diesen Leiter ist der zweite Bereich 116 mit dem am Träger anliegenden Nullpotential verbunden.

Bei der Herstellung der Bildzelle und des Bildsensors wird auf an sich aus der CMOS-Technik bekannte Verfahren zurückgegriffen. Die kontinuierlichen Dotierungsprofile können im Wege der Hochenergieimplantation oder durch sukzessive Implantation erzeugt werden. Eine weitere Möglichkeit zur Erzeugung eines retrograde Wells besteht im sog. Wafer-Bonding. Hierbei wird eine dünne Waferscheibe (Handle-Wafer) zunächst mit einem Profil dotiert, bei dem die Dotierung von oben nach unten abnimmt. Anschließend wird der Handle-Wafer auf den einen Substrat-Wafer aufgebonded. Durch Diffusion bei erhöhter Temperatur wird das Dotierungsprofil des Handle-Wafers umgekehrt auf den Substrat-Wafer übertragen. Nach Ablösen oder Abschleifen des Handle-Wafers weist der Substrat-Wafer das gewünschte retrograde Well auf.

Falls, wie bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel, eine buried layer vorgesehen ist, so wird diese zunächst als hochdotierter Bereich an der Oberfläche eines Wafers erzeugt.



Anschließend werden die darüberliegenden Schichten epitaktisch auf die Oberfläche aufgebracht.

Es versteht sich, daß in den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen die p-Dotierungen und n-Dotierungen miteinander vertauscht werden können, sofern die Vorzeichen der anliegenden Potentiale ebenfalls vertauscht werden.

### Patentansprüche

1. In Halbleitertechnik aufgebaute Bildzelle (10) zur Umwandlung von auf eine Oberfläche der Bildzelle auftreffender elektromagnetischer Strahlung (50) in ein elektrisches Signal mit
  - a) einem strahlungssensitiven Element (18), das einen oberflächennahen ersten Bereich (14) und einen oberflächenfernen zweiten Bereich (16) aufweist, wobei der zweite Bereich (16) dotiert ist und an den ersten Bereich (14) angrenzt, und mit
  - b) einem Halbleiterbauelement (30), das wenigstens einen oberflächennahen dotierten dritten Bereich (22, 24) und einen oberflächenfernen dotierten vierten Bereich (28) aufweist,  
dadurch gekennzeichnet, daß
  - c) die Ausdehnung ( $d_1$ ) des zweiten Bereichs (16) in der zur Oberfläche senkrechten Richtung größer ist als die entsprechende Ausdehnung ( $d_2$ ) des vierten Bereichs (28).
2. Bildzelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Bereich (14) komplementär zu dem zweiten Bereich (16) dotiert ist, so daß der erste und der zweite Bereich den pn-Übergang einer Photodiode (18) bilden.
3. Bildzelle nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleiterbauelement ein Transistor (30) und der vierte Bereich (28) eine Transistorwanne ist.

4. Bildzelle nach den Ansprüchen 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Transistorwanne (28) komplementär zu dem ersten Bereich (14) und höher als der zweite Bereich (16) dotiert ist.
5. Bildzelle nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß oberflächennah zwischen dem Transistor (30) und der Photodiode (18) ein an die Transistorwanne (28) angrenzender Kontakt (56) angeordnet ist.
6. Bildzelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Bereich (16) oberflächennah mit wenigstens einem elektrischen Kontakt (58) versehen ist.
7. Bildzelle nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Bereich (16) an seinem oberflächenabgewandten Ende mit wenigstens einem elektrischen Kontakt versehen ist.
8. Bildzelle nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine elektrische Kontakt als Kanal (164) ausgeführt ist, der durch eine Isolationsschicht (162) geführt ist, die das oberflächenabgewandte Ende des zweiten Bereichs (116) von einem darunterliegenden Substrat (112) elektrisch isoliert.
9. Bildzelle nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß in der zur Oberfläche senkrechten Richtung die Ausdehnung des ersten Bereichs (14) zwischen etwa 0,1

$\mu\text{m}$  und  $0,2 \mu\text{m}$  und die Ausdehnung ( $d_1$ ) des zweiten Bereichs (16) zwischen etwa  $2 \mu\text{m}$  und  $3 \mu\text{m}$  liegt.

10. Bildzelle nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß in der zur Oberfläche senkrechten Richtung die Ausdehnung des ersten Bereichs (14) zwischen etwa  $0,8 \mu\text{m}$  und  $0,9 \mu\text{m}$  liegt und die Ausdehnung ( $d_1$ ) des zweiten Bereichs (16) etwa  $8 \mu\text{m}$  beträgt.
11. Bildzelle nach einem der Ansprüche 2 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Dotierung des ersten Bereichs (14) in der Größenordnung von etwa  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$  liegt.
12. Bildzelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Dotierung wenigstens in dem zweiten (14) oder in dem vierten Bereich (16) mit zunehmendem Abstand von der Oberfläche größer wird.
13. Bildzelle nach einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Dotierung des zweiten Bereichs (16) oberflächennah in der Größenordnung von etwa  $10^{15} \text{ cm}^{-3}$  und oberflächenfern in der Größenordnung von etwa  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$  liegt.
14. Bildzelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß über der Oberfläche der Bildzelle eine Mikrolinse (52) angeordnet ist.
15. Bildzelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß über der Oberfläche der Bildzelle ein Farbfilter (54) angeordnet ist.

16. Bildzelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß über der Oberfläche der Bildzelle eine Antireflexionsschicht angeordnet ist.
17. Bildzelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an die oberflächenferne Seite des zweiten Bereichs (16) eine buried layer (17) angrenzt.
18. Bildsensor (170) mit einer Vielzahl nebeneinander angeordneter Bildzellen (130a, 112a; 130b, 112b; 130c, 112c) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
19. Bildsensor nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß bei wenigstens zwei Bildzellen (130a, 112a; 130b, 112b; 130c, 112c) die zweiten Bereiche übergangslos zu einem einzigen Bereich (116) zusammengefaßt sind.
20. Verfahren zur Herstellung einer Bildzelle mit folgenden Schritten:
  - a) Bereitstellen eines Halbleitersubstrats (12),
  - b) Erzeugen eines oberflächenfernen dotierten zweiten Bereichs (16) im Halbleitersubstrat,
  - c) Erzeugen eines oberflächenfernen dotierten vierten Bereichs (28), dessen Ausdehnung ( $d_2$ ) in der zur Oberfläche senkrechten Richtung kleiner ist als die entsprechende Ausdehnung ( $d_1$ ) des zweiten Bereichs (16),
  - d) Erzeugen eines oberflächennahen ersten Bereichs (14), der an den zweiten Bereich angrenzt,
  - e) Erzeugen eines oberflächennahen dotierten dritten Bereichs (22, 24), der an den vierten Bereich angrenzt.

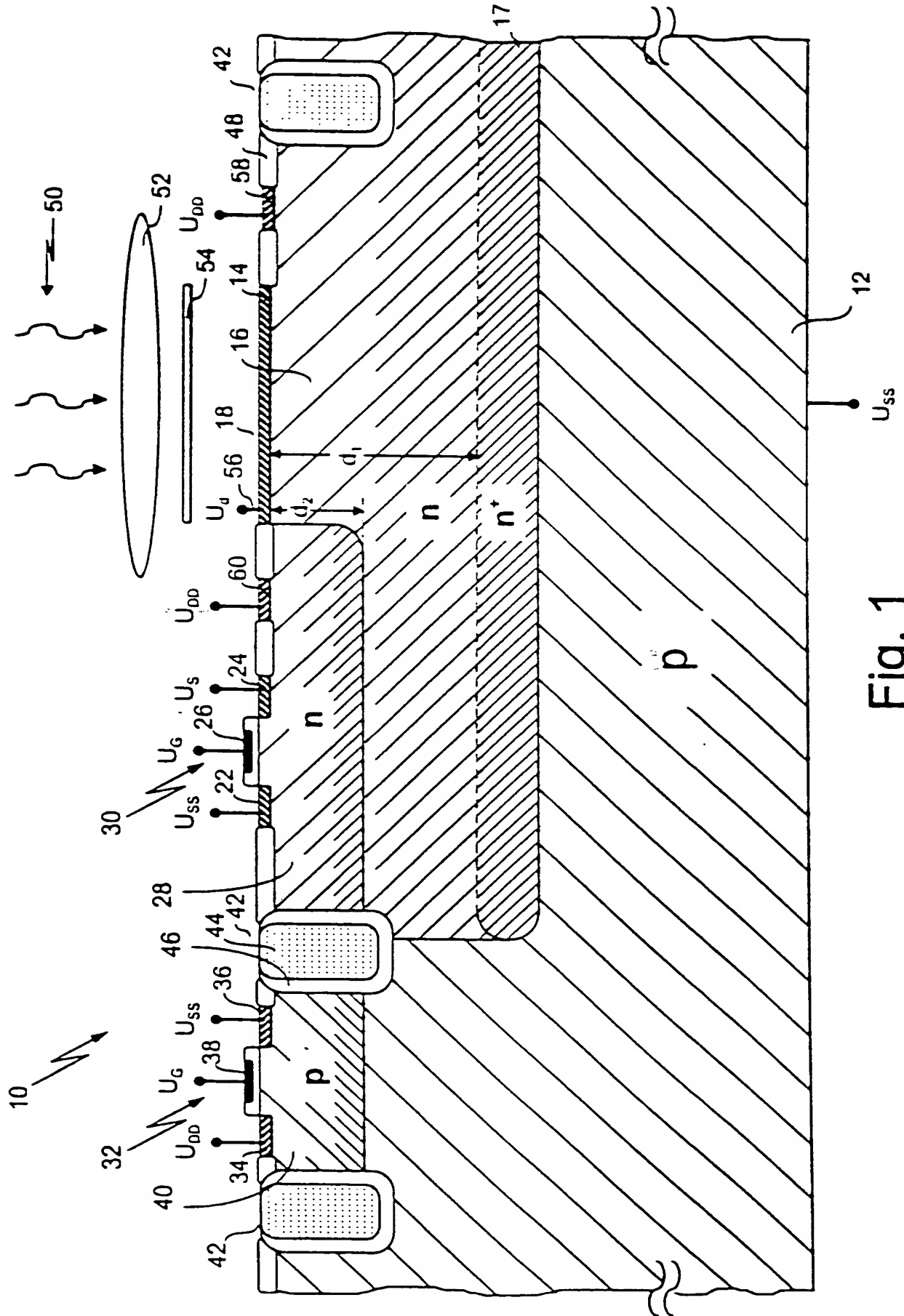


Fig. 1

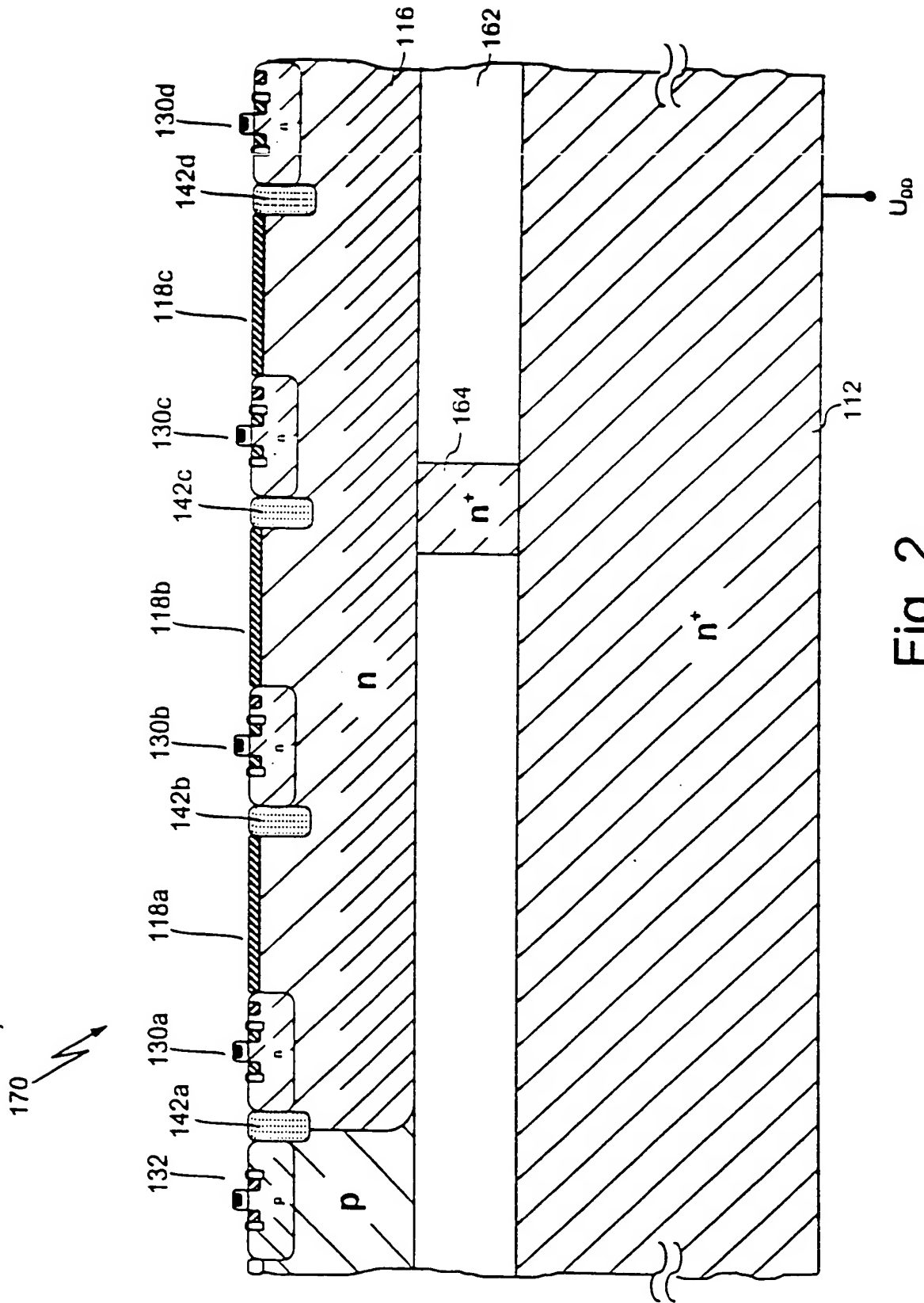


Fig. 2

